

[Translation]

Japanese Patent Early-publication No. ~~4-881879~~

Early-publication Date: ~~November 29, 1992~~

Filing Date: May 9, 1991

Application No. 3-103⁰21

Applicant: Mitsubishi Electric Corporation
2-3, Marunouchi 2-chome
Chiyoda-ku
Tokyo

Inventors: Tadao Minakawa
c/o Itami-Seisakusho
Mitsubishi Electric Corporation
1-1, Tsukakuti Honmachi 8-chome
Amagasaki-city

Shungo Tsuboi
c/o Itami-Seisakusho
Mitsubishi Electric Corporation
1-1, Tsukakuti Honmachi 8-chome
Amagasaki-city

Yoshifumi Matsushita
Shungo Tsuboi
c/o Itami-Seisakusho
Mitsubishi Electric Corporation
1-1, Tsukakuti Honmachi 8-chome
Amagasaki-city

BEST AVAILABLE COPY

Title of the Invention: Method of supplying gases for an excimer laser apparatus

Abstract:

(object)

This invention provides a method for easily supplying combined gases into an excimer laser apparatus at a precise ratio.

(structure)

In an excimer laser apparatus using as a laser medium a mixed gas that consists of a halogen gas, a first rare gas, and a second rare gas, the mixing ratio of the mixed gas being $a/b/c$, a mixed gas that consists of three components, a halogen gas, a first rare gas, and a second rare gas, in the ratio of $(n \times a)/b/c$ (n is a number satisfying $1 < n < 100$), and a mixed gas that consists of a first rare gas and a second rare gas in the ratio of b/c , are used for the laser medium to be charged and replenished.

Claims:

1. A method for supplying laser gases to an excimer laser apparatus using as a laser medium a mixed gas that consists of a halogen gas, a first rare gas, and a second rare gas, the mixing ratio of the mixed gas being $a/b/c$, characterized by using a mixed gas that consists of three components, a halogen gas, a first rare gas, and a second rare gas, in the ratio of $(n \times a)/b/c$ (n is a number satisfying $1 < n < 100$), and a mixed gas that consists of a first rare gas and a second

rare gas, in the ratio of b/c .

2. The method for supplying gases of claim 1, wherein the laser gas is supplied while the concentration of the halogen gas is measured.

3. A method for compensating for the lack of a halogen gas to an excimer laser apparatus using as a laser medium a mixed gas that consists of a halogen gas, a first rare gas, and a second rare gas, the ratio of the mixed gas being $a/b/c$, characterized by using a mixed gas that consists of three components, a halogen gas, a first rare gas, and a second rare gas, in the ratio of $(n \times a)/b/c$ (n is a number satisfying $1 < n < 100$).

4. The method for compensating for the lack of a halogen gas of claim 3, wherein the halogen gas is supplied while the concentration of the halogen gas is measured.

Detailed Explanation of the Invention:

[0001]

[Industrial applicable field]

This invention relates to a method for supplying a laser gas to an excimer laser apparatus.

[0002]

[Prior art]

Fig 3 is a view explaining the structure of the conventional excimer laser gas supplying apparatus disclosed in Japanese Utility Model Early-publication No. 1-146565/1989. It shows a laser box 1, a pressure gauge 2, valves 3-6 and 9-17, a halogen cylinder 18, a first rare gas cylinder 19, and second rare gas cylinders 20, 21.

[0003]

In this conventional gas supply apparatus, the gas components are separately supplied by gas cylinders 18 through 21, respectively. The mixed gas is filled, while the mixing ratio of the gas is controlled by the pressure gauge 2, to become a preset gas concentration and a preset gas-mixing ratio.

[0004]

As an example, a KrF excimer laser is explained as follows: A KrF excimer laser is operated, for example, in the ratio shown in Table 1. In this example, the F2 gas is used as the halogen gas, the Kr gas as the first rare gas, and the Ne gas (or He gas) as the second rare gas. For the gas sources for supplying those gases, (generally) cylinders charged with the gases shown in Table 2 are used. When the cylinders 18, 19, and 20 are charged with a 5-25% gas, a 1-5% gas, and a gas as a buffer, respectively, the mixing ratio of the blended gas becomes the one in Table 1. Based on the readings by the pressure gauge 2 the gas mixing and charging are made.

[0005]

[Table 1]

F2	0.1-0.5%
Kr	1-5%
Ne (or He)	buffer

[0006]

[Table 2]

Halogen cylinder 18	F2	2% / Ne (or He)
First rare gas cylinder 19	Kr	100%
Second rare gas cylinder 21	Ne	100%

Following the gas-charging, the laser is operated in the normal way.

[0007]

Because an excimer laser generates a laser beam in the gases containing an active halogen gas, the halogen gas decreases as the normal operation proceeds, because of the reaction between a material of the laser apparatus and the halogen gas. When for this reason the halogen gas decreases, only the gas in the cylinder 18 is recharged, to replenish the decreased halogen gas, so that the proper gas-mixing ratio is reestablished.

[0008]

Disadvantages avoided by this invention:

In the conventional gas supplying process, since several kind of gases in the laser gas are supplied by respective cylinders, the same

number of gas cylinders were required as the kinds of the gas components. As a result, the apparatus was complex. Also, a very intricate control was necessary to mix the gases precisely, because the gas was mixed based on the readings of the pressure gauge.

[0009]

A halogen gas is active. Thus it causes the gas concentration to be low, because of a reaction in the gas cylinder. The conventional gas-charging method had the problem wherein the accuracy degraded when the gas concentration varied in the gas cylinder, because the charging was made by just relying on the gas pressure, and by assuming that the gas concentration in the gas cylinder was constant.

[0010]

As stated above, when the halogen gas decreases during the laser operation, it must be replenished. Conventionally, gas that was diluted to a 2-20% concentration with the rare gases was used. This resulted in the rare gas that was used for the dilution being also added when the halogen gas was supplied, and this made the concentration of the rare gas exceed the proper one. That is, this is not the best condition, and it is one that makes it impossible to fully reestablish the output. When the condition became worse, the gases had to be completely exchanged.

[0011]

This invention relates to a method for supplying laser gases to an excimer laser apparatus using as a laser medium a mixed gas that

consists of a halogen gas, a first rare gas, and a second rare gas, whose mixing ratio is $a/b/c$, characterized by using a mixed gas that consists of three components, i.e., a halogen gas, a first rare gas, and a second rare gas, in the ratio of $(n \times a)/b/c$ (n is a number satisfying $1 < n < 100$), and a mixed gas that consists of a first rare gas and a second rare gas, in the ratio of b/c . This invention also relates to a method for replenishing a halogen gas to an excimer laser apparatus, using as a laser medium a mixed gas that consists of a halogen gas, a first rare gas, and a second rare gas, whose ratio is $a/b/c$, characterized by using a mixed gas that consists of three components, i.e., a halogen gas, a first rare gas, and a second rare gas, in the ratio of $(n \times a)/b/c$ (n is a number satisfying $1 < n < 100$).

[0012]

[Function]

By the method for supplying the gases to an excimer laser apparatus of this invention, a suitable mixing ratio for a laser gas is easily obtained by supplying the preset gas flows from two sorts of gas cylinders, one containing three components of mixed gas and the other containing two components of mixed gas.

[0013]

Furthermore, since the gases are charged while the halogen gas concentration is measured, the laser gas can be constantly supplied at a stable mixing ratio.

[0014]

[Embodiment]

One of the embodiments of this invention will now be explained by reference to Fig. 1. It shows a laser box 1, a pressure gauge 2, connected to the laser box, indicating the pressure of the charged gas, valves 3-6 to introduce the gases to the laser box, a cylinder 7 to contain the mixed gas, which consists of three components, a halogen gas, a first rare gas, and a second rare gas, which mixed gas is used for the laser gas, and a cylinder 8 to contain the gas that consists of the two components of the first rare gas and the second rare gas.

[0015]

In this invention the cylinders 7 and 8 are used to charge a laser gas of the halogen gas/ the first rare gas/ the second rare gas, in the ratio of $a/b/c$ (expressed by mole-ratio; the following is the same), into the laser box 1, the cylinder 7 being charged with the mixed gas that consists of the halogen gas, the first rare gas, and the second rare gas, in the ratio of $(n \times a)/b/c$ (n is a number satisfying $1 < n < 100$), and the cylinder 8 being charged with the gas that consists of two components, i.e., the first rare gas, and the second rare gas, in the ratio of b/c .

[0016]

The n represents a coefficient expressing the ratio of the halogen gas concentration in the three component-mixed gas in the cylinder 7 and the halogen gas concentration in the final mixed gas, which is

the laser gas. This means that the cylinder 7 contains the halogen gas, the first rare gas, and the second rare gas, among which only the halogen is n times, compared with the components of the laser gas. In this invention, since n has the following relationship: $1 < n < 100$, the halogen gas in the three components in the cylinder 7 is kept at a higher concentration than the set value of the halogen gas in the laser gas. As stated, in the three components in the cylinder 7, the halogen gas is kept at the highest concentration. Thus, to get the preset gas-mixing ratio when the gases are charged to the laser box, the dilution must be made by the two-component mixed gas in the cylinder 8, which consists of the first rare gas and the second rare gas, but that does not contain the halogen gas, although it is contained in the laser gas. For the final laser gas the concentration is made as $a/b/c$, namely, $n = 1$. The mixing ratio of the first rare gas, and the second rare gas in the cylinder 8, is b/c , i.e., the same as that in the three-component mixed gas in the cylinder 7. Therefore, by controlling the halogen concentration only a laser gas of the desired mixing ratio can be obtained regardless of the n .

[0017]

How to set the n is explained below in more detail in the case of a gas charged with the three-component mixed gas and two-component mixed gas.

[0018]

Here, the dilution ratio m is used to easily express the ratio of the

three-component mixed gas and the laser gas. The m is represented by the following formula:

[0019]

[Numerical formula 1]

$$m = \frac{\text{The number of moles of the charged three-component mixed gas}}{\text{The number of moles of the charged three-component mixed gas} + \text{The number of moles of the charged two-component mixed gas}}$$

If the temperature and volume in a laser apparatus are kept constant, the number of moles charged will be proportional to the charging pressure. Therefore, the number of moles charged may be replaced by the charging pressure. In the one embodiment, when the three-component mixed gas is charged at 0.3 atm, and the two-component mixed gas at 2.7 atm, then, the total pressure is 3 atm, and the dilution ratio will be:

[0020]

[Numerical formula 2]

$$m = 0.3 / (0.3 + 2.7) = 1/10$$

[0021]

A case is herein explained wherein the mixed gas that consists of three components and the mixed gas that consists of two components are charged in a dilution ratio of m , so as to make a laser gas comprising a halogen gas, a first rare gas, and a second rare gas, in the ratio of $a/b/c$, where the three-component mixed gas is in the

ratio of $a/b/c$, and the two-component mixed gas is in the ratio of b/c . Assuming that the total pressure of the laser gas is P_t , the partial pressure of the halogen is P_a , the partial pressure of the first rare gas is P_b , and the partial pressure of the second rare gas is P_c , then:

[0022]

$$P_t = P_a + P_b + P_c$$

$$P_a/P_b/P_c = a/b/c$$

(The mole-ratio is equal to the partial pressure ratio under constant volume and temperature. This point is stated above.) Since the charging ratio or the dilution ratio of the mixed gas that consists of the three components is m , the charging pressure of the mixed gas is $P_t \cdot m$. On the other hand, the charging pressure of the mixed gas that consists of the two components is $P_t \cdot (1-m)$. Thus, the partial pressure of the respective gases in the laser gas is:

[0023]

[Numerical formula 3]

$$P_a = (P_t \cdot m \times a/(a + b + c))$$

$$P_b = \{P_t \cdot m \times b/(a + b + c)\} + \{P_t \cdot (1-m) \times b/(b+c)\}$$

$$= \{m(1-m)a + b + c\} \cdot P_t \cdot b / \{(a + b + c)(b + c)\}$$

$$P_c = \{P_t \cdot m \times c/(a + b + c)\} + \{P_t \cdot (1-m) \times c/(b+c)\}$$

$$= \{m(1-m)a + b + c\} \cdot P_t \cdot c / \{(a + b + c)(b + c)\}$$

Therefore, the ratio of P_b to P_c is $P_b/P_c=b/c$. Thus it is constant

regardless of the values of n , m , a , b , c , and P_t . The n is as follows:

[0024]

The partial pressure of the halogen gas P_a is:

[0025]

[Numerical formula 4]

$$P_a = n_a \cdot P_t \cdot m / (n_a + b + c)$$

The concentration ratio of the halogen in the laser gas is:

[0026]

[Numerical formula 5]

$$a / (a + b + c)$$

Therefore, n is as follows:

[0027]

[Numerical formula 6]

$$P_a = a \cdot P_t / (a + b + c)$$

$$\therefore P_a = n_a \cdot P_t \cdot m / (n_a + b + c) = a \cdot P_t / (a + b + c)$$

$$n = (b + c) / \{m(a + b + c) - a\}$$

[0028]

Thus, n can be derived from a , b , c , and m . Therefore, n can be obtained if the laser gas composition and the dilution ratio m are

obtained. In this case, the dilution ratio m may be obtained after the n is obtained.

[0029]

The range of n is now explained.

[0030]

In this invention, n is within $1 < n < 100$. However, if n becomes outside of this range, the situation becomes as follows:

[0031]

If $n=1$, the composition ratio of the mixed gas that consists of the three components in the cylinder 7 is the same as that of the laser gas, and the composition $a/b/c$ results. Thus, even if the mixed gas that consists of the two components in the cylinder 8 is not added, the preset gas concentration has already been obtained. (If the two-component mixed gas is added, the halogen gas concentration becomes lower than the preset value.) Therefore, there is no need to add the two-component mixed gas, and the effect of this invention using the three-component mixed gas and the two-component mixed gas is not obtained.

[0032]

If $n < 1$, the halogen concentration in the three-component mixed gas is lower than that of the laser gas, so that more halogen gas is needed to get the preset concentration. Therefore, in this case the effect of this invention is also not obtained.

[0033]

If $n > 100$, when the gas is charged by the method of this invention the mixed gas that consists of the three components in the cylinder 7 is diluted with the mixed gas that consists of the two components in the cylinder 8. If n is too large, because m (the dilution ratio) nearly equals n , the dilution ratio of the three-component mixed gas is also about 100 or more. Under such conditions, the volume of the three-component gas to be charged is small. Thus, the accuracy in controlling the charging volume is harmed. Even if the three-component gas is charged when either of the pressure or the flow rate is controlled, the accuracy is very bad when m nearly equals n and is 100 or more.

[0034]

By this invention the laser gas is combined with the gases supplied through valves from the cylinders in which the mixed gases are charged. The supply of gas, which is based on the reading of the pressure gauge 2, makes the concentration of the laser gas in the laser box proper.

[0035]

The following embodiment is explained: a laser gas comprising F₂/Kr/Ne in a mix ratio of 0.2/2.0/97.8 (buffer) (hereafter "Composition 1") is charged in the laser box 1 under a gas pressure of 3 atm. The dilution ratio m is set to 1/10. In this case, the pressure of the three-component gas is:

[0036]

[Numerical formula 7]

$$3(\text{atm}) \times 1/10 = 0.3(\text{atm})$$

The pressure of the two-component gas is

$$3(\text{atm}) - 0.3(\text{atm}) = 2.7(\text{atm})$$

[0037]

In this embodiment, n is calculated by the formula mentioned above, as follows:

[0038]

[Numerical formula 8]

$$\begin{aligned} n &= (b + c) / \{m(a + b + c) - a\} \\ &= (2 + 97.8) / \{(1/10)(0.2 + 2 + 97.8) - 0.2\} \\ &= 99.8/9.8 \\ &= 998/98 \end{aligned}$$

Thus, the following ratio of gas is used for the three-component gas:

[0039]

[Numerical formula 9]

$$(998/98) \times 0.2/2.0/97.8$$

[0040]

Based on these operations, the partial pressure of F2 in the laser box 1 can be obtained as 0.006 atm by the following formula:

[0041]

[Numerical formula 10]

$$\begin{aligned} & \{na/(na + b + c)\} \times 0.3 \\ &= \{(998/98) \times 0.2\} \times 0.3 / \{(998/98) \times 0.2 + 2 + 97.8\} \\ &= 0.006(\text{atm}) \end{aligned}$$

The partial pressure Kr is obtained as 0.06 by the following formula:

[0042]

[Numerical formula 11]

$$\begin{aligned} & \{b/(na + b + c) \times 0.3 + (b/(b + c)) \times 2.7 \\ &= (2/((998/98) \times 0.2 + 2 + 97.8)) \times 0.3 + (2/(2 + 97.8)) \times 2 \\ &= 0.006(\text{atm}) \end{aligned}$$

The partial pressure Ne is obtained as 2.934 atm by the following formula:

[0043]

[Numerical formula 12]

$$\begin{aligned} & (c/(na + b + c)) \times 0.3 + (c/(b + c)) \times 2.7 \\ &= (97.8/((998/98) \times 0.2 + 2 + 97.8)) \times 0.3 + (97.8/(2 + 97.8)) \times 2.7 \\ &= 2.934(\text{atm}) \end{aligned}$$

[0044]

Therefore, the laser gas composition in the laser box is as follows:
 $F2/Kr/Ne = 0.006/0.06/2.934 = 0.2/2.0/97.8 = a/b/c$

[0045]

By this invention two sorts of cylinders are required to supply a laser gas comprising three sorts of gases.

[0046]

Next, the process to replenish the halogen gas is explained.

[0047]

When the halogen gas decreases, to keep its concentration suitable the gas must be replenished. In the conventional gas-charging method, however, this results in the rare gas also being added, and in the expected gas-mixing ratio not being able to be obtained. In contrast, by this invention the halogen gas can be replenished without this problem.

[0048]

For example, the laser operates by charging gas of 3 atm with the mixing ratio of Composition 1. The halogen gas is replenished when the halogen gas concentration decreases to one half. The operation is continued after the replenishment. When the concentration is again one half, the halogen gas is again replenished. In this case, when the replenishing is repeated 10 times, the gas-mixing ratio in the laser box is as follows: (In these steps, because the pressure in the laser box increases due to the gas replenishment, the gas is

released from the box until the pressure after the replenishment reaches 3 atm.

[0049]

That is, the operation is as follows: The excimer laser apparatus is operated using the laser gas of Composition 1 as the laser medium. When the halogen gas decreases and the pressure gauge 2 indicates 2.997 atm (or when the halogen gas decreases to 1/2 and F2/Kr/Ne is 0.1/2.0/97.8), the gas, whose mixing ratio is shown by formula 13, is replenished from the gas cylinder 7 in the laser box 1 to increase the pressure in the laser box 1 to 3.165 atm, and thereafter the gas is released until the pressure reaches 3 atm.

[0050]

[Numerical formula 13]

$$((998/98) \times 0.2)/2.0/97.8$$

This procedure makes the laser gas composition in the laser box 1 have a composition as in the original Composition 1. This composition can be obtained even if the gas is replenished several times.

[0051]

In contrast, in the conventional method, when the halogen gas decreases to 1/2 and the F2/Kr/Ne rate is 0.1/2.0/97.8, the mixed gas, whose mixing ratio F2/Ne is 2/98, is supplied so as to make the pressure in the box 3.165 atm, and thereafter the gas is released

until the pressure reaches 3 atm. As a result, the partial pressures of the component gases are as follows: the F2 is 0.006 atm, the Kr is 0.057 atm, the Ne is 2.934 atm, and the F2/Kr/Ne is 0.2/1.9/97.8. If such a procedure is repeated 10 times, the F2/Kr/Ne is 0.2/1.3/98.5, and thus the ratio of Kr decreases.

[0052]

Next, another embodiment of this invention is explained by referring to Fig. 2. It shows a measuring device 9 to measure the halogen gas concentration in the laser gas within the laser box 1, and which device is connected to the laser box 1. The other parts are the same as those in Fig. 1.

[0053]

While in the prior embodiment the gas-mixing ratio is controlled based on the pressure-gauge reading, in this embodiment the gas-mixing ratio is controlled based on the measurements of the concentration of the halogen gas by the gas-measuring device 9. The pressure gauge may be used or not. Therefore, the halogen gas always can be charged with an accurate gas-mixing ratio, even if the halogen gas reacts in the cylinder and decreases. When the laser gas is initially charged, the charging can be also done with an accurate gas-mixing ratio.

[0054]

The halogen gas, the first rare gas, and the second rare gas, used in this invention, can be those that are also used in a conventional

excimer laser apparatus. They are not restricted in this invention. Additionally, the types of laser box, pressure gauge, and halogen gas-measuring device, are also not restricted.

[0055]

[EFFECTS OF THE INVENTION]

By the method of this invention, which uses as a gas to be supplied to the laser box a mixed gas that consists of three components and a mixed gas that consists of two components, less cylinders need be used. Also the mixing ratio can be easily controlled at the initial gas charging to the laser apparatus. Further, when the halogen gas is replenished, this can be done without changing the rare-gas mixing ratio.

[0056]

In addition, this invention can provide a laser gas with a very precisely controlled mixing ratio, when the halogen gas concentration is measured during the charging or replenishment.

[BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS]

[Fig. 1]

This is an explanatory drawing showing the method for supplying the gases to the excimer laser apparatus of this invention.

[Fig. 2]

This is an explanatory drawing showing another method for supplying the gases to the excimer laser apparatus of this invention.

[Fig. 3]

This is an explanatory drawing showing a method for supplying the gases to a conventional excimer laser apparatus.

[Explanation of symbols]

- 1: laser box
- 2: pressure gauge
- 3: valve
- 4: valve
- 5: valve
- 6: valve
- 7: cylinder for the mixed gas of the three components
- 8: cylinder for the mixed gas of the two components
- 9: measuring device to measure the concentration of halogen gas

特開平4-834079

(43) 公開日 平成4年(1992)11月20日

3-geo mix

(51) Int.Cl.³

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示面所

H 0 1 S 3/097

8934-4M

H 0 1 S 3/ 097

Z

審査請求 未請求 請求項の数4(全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平3-103021

(22) 出願日 平成3年(1991)5月9日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 皆川 忠郎

尼崎市塚口本町八丁目1番1号 三菱電機
株式会社伊丹製作所内

(72) 発明者 坪井 俊吾

尼崎市塚口本町八丁目1番1号 三菱電機
株式会社伊丹製作所内

(72) 発明者 松下 嘉文

尼崎市塚口本町八丁目1番1号 三菱電機
株式会社伊丹製作所内

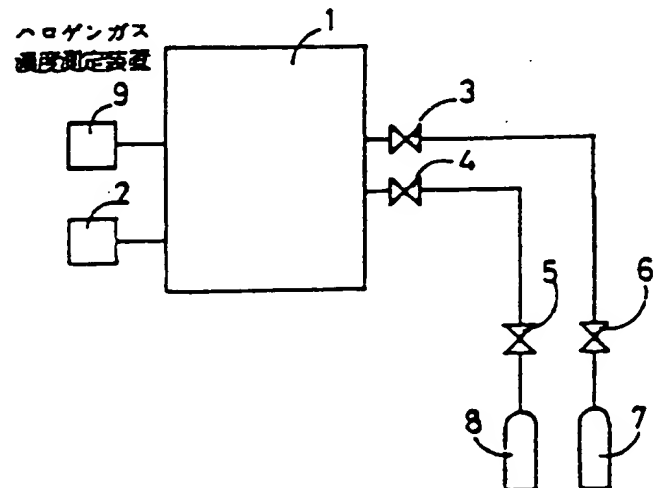
(74) 代理人 弁理士 高田 守 (外1名)

(54) 【発明の名称】 エキシマレーザ装置のガス供給方法

(57) 【要約】

【目的】 エキシマレーザ装置に容易にかつ高精度の混合比でガスを充填できるガス供給方法をうる。

【構成】 ハロゲンガスと第1の希ガスと第2の希ガスとの混合比が $a/b/c$ の混合ガスをレーザ媒質として用いるエキシマレーザ装置に、ハロゲンガスと第1の希ガスと第2の希ガスとの混合比が $(n \times a)/b/c$ (n は $1 < n < 100$ を満たす数) である3成分混合ガスと、第1の希ガスと第2の希ガスとの混合比が b/c の2成分混合ガスを用いてガスの充填または補充を行なう。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ハロゲンガスと第1の希ガスと第2の希ガスとの混合比が $a/b/c$ の混合ガスをレーザ媒質として用いるエキシマレーザ装置にレーザガスを供給する方法であって、ハロゲンガスと第1の希ガスと第2の希ガスとの混合比が $(n \times a)/b/c$ (n は $1 < n < 100$ を満たす数)の3成分混合ガスと、第1の希ガスと第2の希ガスとの混合比が b/c の2成分混合ガスとを用いてレーザガスを供給することを特徴とするエキシマレーザ装置のガス供給方法。

【請求項2】 レーザガスの供給がハロゲンガス濃度を測定しながら行なわれる請求項1記載のガス供給方法。

【請求項3】 ハロゲンガスと第1の希ガスと第2の希ガスとの混合比が $a/b/c$ の混合ガスをレーザ媒質として用いるエキシマレーザ装置にハロゲンガスを補給する方法であって、ハロゲンガスと第1の希ガスと第2の希ガスとの混合比が $(n \times a)/b/c$ (n は $1 < n < 100$ を満たす数)の3成分混合ガスを用いてハロゲンガスの補給を行なうことを特徴とするエキシマレーザ装置のガス供給方法。

【請求項4】 ハロゲンガスの補給がハロゲンガス濃度を測定しながら行なわれる請求項3記載のガス供給方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はエキシマレーザ装置にレーザガスを供給する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 図3は、たとえば実開平1-146565号に示された従来のエキシマレーザ用ガス供給装置の構造を示す。

表2

ハロゲンガスポンベ (18)	F ₂ 2% / Ne (または He)
第1の希ガスポンベ (19)	Kr 100%
第2の希ガスポンベ (21)	Ne 100%

以上のようにガスが充填されたのちに、レーザの定常運転が行なわれる。

【0007】 エキシマレーザは活性なハロゲンガスを含むガス中で放電を行なうことによりレーザ光を出している。定常運転にともなうハロゲンガスがレーザ装置の部材と反応して減少する。このようにハロゲンガスが減少した際には、ポンベ18のガスのみを再添加して、減少したハロゲンガスの補充を行なうことによって適切なガス混合比に回復させるという操作が行なわれる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 以上のように従来のガス供給方法においては、レーザガス中の数種類のガス成分をそれぞれ別のガスポンベから供給していたので、ガスの種類の数だけのガスポンベが必要であり、装置が非

*す説明図である。図中、1はレーザ管体、2は圧力計、3～6、9～17はいずれもバルブ、18はハロゲンガスポンベ、19は第1の希ガスポンベ、20、21は第2の希ガスポンベである。

【0003】 この従来のガス供給装置においては、18～21の各ガスポンベから混合ガスの各成分ガスを別々に供給し、圧力計2で調整して所定の濃度のガス混合比になるようにガス充填が行なわれる。

【0004】 その例としてKrF エキシマレーザのばあいについて説明する。KrF エキシマレーザは、たとえば表1に示されるガス混合比で運転される。この例では、ハロゲンガスとしてF₂ ガス、第1の希ガスとしてKrガス、第2の希ガスとしてNeガス (またはHeガス) がそれぞれ用いられている。これらのガスを供給するガス源の一例としては、(一般に) 表2に示されるガスが充填されたポンベが使用される。表2に示されるガスポンベを使用するばあい、ポンベ18のガスを5～25%、ポンベ19のガスを1～5%、バッファとしてポンベ20のガスを充填すると表1に示した混合比になる。これらのガスの混合、充填は圧力計2の指示値にしたがって行なわれる。

【0005】

【表1】

表1

F ₂	0.1～0.5%
Kr	1～5%
Ne (または He)	バッファ

【0006】

【表2】

常に複雑であった。さらにガスの混合は圧力計の指示値にしたがって行なっていたので、各ガスを精度よく混合するためには、非常に複雑な制御が必要であった。

【0009】 またハロゲンガスは活性であり、ガスポンベ内で反応して濃度低下をおこしやすいが、従来のガス供給方法ではガスポンベのガス濃度を不変とみなして圧力のみを考慮して充填していたため、ポンベ内でガス濃度に変化したばあいには精度がわるくなってしまうという問題点があった。

【0010】 さらに、前記のようにレーザの運転によりハロゲンガスが減少した際にハロゲンガスの補充を行なうが、従来のように希ガスで2～20%程度に希釈したガスポンベを使用すると、ハロゲンガス補充と同時に希釈に用いた希ガスも添加され、結果的に希ガスの濃度が

適切な濃度を超過してしまい、最適条件からはずれ、出力が十分に回復しなくなる。そのような状態がより顕著になると全ガスの交換をしなければならないという問題点もあった。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、ハロゲンガスと第1の希ガスと第2の希ガスとからなり、それらの混合比が $a/b/c$ の混合ガスをレーザ媒質として用いるエキシマレーザ装置にレーザガスを供給する方法であって、ハロゲンガスと第1の希ガスと第2の希ガスとの混合比が $(n \times a)/b/c$ (n は $1 < n < 100$ を満たす数)の3成分混合ガスと、第1の希ガスと第2の希ガスとの混合比が b/c の2成分混合ガスとを用いてレーザガスを供給することとを特徴とするエキシマレーザ装置のガス供給方法および前記エキシマレーザ装置にハロゲンガスを補給する方法であって、ハロゲンガスと第1の希ガスと第2の希ガスとの混合比が $(n \times a)/b/c$ (n は $1 < n < 100$ を満たす数)の3成分混合ガスを用いてハロゲンガスの補給を行なうことを特徴とするエキシマレーザ装置のガス供給方法に関する。

【0012】

【作用】本発明におけるエキシマレーザ装置のガス供給方法においては、3成分混合ガスのボンベと2成分混合ガスのボンベの2種類のカボンベからそれぞれ所定の量のガスを供給することにより、レーザガスとして適切な混合比が容易にえられる。

【0013】また、ハロゲンガス濃度を測定しながらガスを充填するので、ハロゲンガスの入っているボンベのハロゲンガス濃度が変動しても常に安定した混合比のレーザガスを供給することができる。

【0014】

【実施例】以下本発明の一実施例を図1を用いて説明する。図中、1はレーザ管体、2はレーザ管体内に接続され、充填されたガスの圧力を指示する圧力計、3～6はいずれもレーザ管体にガスを導入するためのバルブ、7はレーザガスを構成するハロゲンガスと第1の希ガスと第2の希ガスとからなる3成分混合ガスボンベ、8は同じく第1の希ガスと第2の希ガスとからなる2成分混合 *

3成分混合ガスの充填モル数

$$m = \frac{3 \text{ 成分混合ガスの充填モル数}}{3 \text{ 成分混合ガスの充填モル数} + 2 \text{ 成分混合ガスの充填モル数}}$$

レーザ装置のように、定温、定容であれば充填モル数は充填圧力に比例するので、充填モル数を充填圧力としてもよい。実際の例で示すと、3成分混合ガス0.3atm、2成分混合ガス2.7atmを充填して全圧3atmとしたときには希釈率は

【0020】

【数2】

$$m = \frac{0.3}{0.3 + 2.7} = \frac{1}{10}$$

* ガスボンベである。

【0015】本発明の方法では、レーザ管体1にハロゲンガス/第1の希ガス/第2の希ガスが $a/b/c$ の混合比(モル比、以下同様)のレーザガスを充填するために、ハロゲンガス/第1の希ガス/第2の希ガスが $(n \times a)/b/c$ (n は $1 < n < 100$ を満たす数)の混合比の3成分混合ガスが充填されたボンベ7と、第1の希ガス/第2の希ガスが b/c の混合比の2成分混合ガスが充填されたボンベ8が使用される。

10 【0016】前記 n はボンベ7の3成分混合ガス中のハロゲンガス濃度と、最終的な混合ガスであるレーザガス中のハロゲンガス濃度の比を示す係数である。すなわち、ボンベ7の3成分混合ガス中においては、その構成成分であるハロゲンガス、第1の希ガス、第2の希ガスのうち、ハロゲンガスのみがレーザガス中の濃度の n 倍になっている。本発明においては $1 < n < 100$ であるので、ボンベ7の3成分混合ガス中のハロゲンガス濃度はレーザガス中のハロゲンガス濃度の設定値よりも高くなっている。このようにボンベ7の3成分混合ガスはハロ

20 ゲンガスのみが高濃度になっているので、レーザ管体にガスを充填して所定のガス混合比をうるために、レーザガス中のハロゲンガス以外の構成成分である第1の希ガス、第2の希ガスからなるボンベ8の2成分混合ガスによって希釈を行ない、最終的なレーザガスとしては $n=1$ 、つまり $a/b/c$ とするものである。なお、このときボンベ7の3成分混合ガス、ボンベ8の2成分混合ガスのどちらにおいても、第1の希ガスと第2の希ガスの混合比は b/c と一定であるので、ハロゲン濃度のみを制御すればいかなる n であっても目的とする混合比のレーザガスをうるることができる。

30 【0017】前記の3成分混合ガスと2成分混合ガスによるガス充填における n の設定方法の詳細を以下に示す。

【0018】ここでは説明を容易にするため、レーザガスに対する3成分混合ガスの比率を示す希釈率 m を用いる。 m は次式にて表わされる。

【0019】

【数1】

【0021】ハロゲンガス/第1の希ガス/第2の希ガスの混合比が $a/b/c$ であるレーザガスをうるために、同じく混合比が $n a/b/c$ である3成分混合ガスと混合比が b/c である2成分混合ガスを希釈率 m にて充填するばあいについて説明する。ここで、レーザガスの全圧を P_r 、ハロゲンの分圧を P_h 、第1の希ガスの分圧を P_1 、第2の希ガスの分圧を P_2 とする。

【0022】

である。

50 【0022】

5

$$P_r = P_a + P_b + P_c$$

$$P_a / P_b / P_c = a / b / c$$

(上述したように、定温、定容ではモル比と分圧比は等価である。) 3成分混合ガスの充填比率すなわち希釈率がmであるので、3成分混合ガスの充填圧力は $P_r \cdot m$ *

$$P_a = \left(P_T \cdot m \times \frac{na}{na + b + c} \right)$$

$$P_b = \left[P_T \cdot m \times \frac{b}{na + b + c} \right] + \left[P_T \cdot (1 - m) \times \frac{b}{b + c} \right]$$

$$= \frac{n(1 - m)a + b + c}{(na + b + c)(b + c)} \cdot P_T \cdot b$$

$$P_c = \left[P_T \cdot m \times \frac{c}{na + b + c} \right] + \left[P_T \cdot (1 - m) \times \frac{c}{b + c} \right]$$

$$= \frac{n(1 - m)a + b + c}{(na + b + c)(b + c)} \cdot P_T \cdot c$$

となる。よって P_b と P_c の比は $P_b / P_c = b / c$ となり n, m, a, b, c, P_r にどのような値を用いても一定となる。つぎに n がどのように表わせるかを示す。

【0024】ハロゲンガスの分圧 P_a は

【0025】

【数4】

$$P_a = \frac{na}{na + b + c} \cdot P_T \cdot m$$

であり、またレーザガス中のハロゲンガスの濃度比は

【0026】

【数5】

$$\frac{a}{a + b + c}$$

であるので、 n は

【0027】

【数6】

$$P_a = \frac{a}{a + b + c} P_T$$

$$\therefore P_a = \frac{na \cdot P_T \cdot m}{na + b + c} = \frac{a \cdot P_T}{a + b + c}$$

$$n = \frac{b + c}{m(a + b + c) - a}$$

となる。

【0028】このように a, b, c, m から n が求められるので、レーザガスの組成と希釈率 m を決めれば n が決まる。このとき n を先に求めて希釈率 m を求めてもよい。

【0029】つぎに n の範囲について説明する。

【0030】本発明においては $1 < n < 100$ であるが、

6

*となる。一方、2成分混合ガスの充填圧力は $P_r \cdot (1 - m)$ である。したがってレーザ窒体に充填されたレーザガス中における各ガスの分圧は

【0023】

【数3】

n がこの範囲をはずれると下記のようになる。

【0031】 $n = 1$ のばあい、ポンベ7の3成分混合ガスとレーザガスの組成がどちらも $a / b / c$ となりポンベ8の2成分混合ガスを加えなくとも、すでに所定のガス濃度となっている(もし2成分混合ガスを加えると、逆にハロゲンガス濃度が所定値より低くなってしまふ)。したがって2成分混合ガスは不要となり、3成分混合ガスと2成分混合ガスを用いる本発明の効果がえられない。

【0032】 $n < 1$ のばあい、3成分混合ガス中のハロゲンガス濃度の方がレーザガス中のハロゲンガス濃度より低くなるため、別途ハロゲンガスの注入を行なわない限り所定の濃度比をえられない。したがってこのばあいでも本発明の効果がえられない。

【0033】 $n > 100$ のばあい、本発明の方法にてガス充填を行なうとポンベ7の3成分混合ガスをポンベ8の2成分混合ガスで希釈することになる。 n が大きくなると m (希釈率) $\approx n$ となってくるので、3成分混合ガスの希釈率も約100以上となる。すると、3成分混合ガスは充填量自体が少なくなるため充填量の制御の精度がわるくなってしまふ。圧力、流量、どちらの制御で3成分ガスを充填しても $m \approx n$ が100以上では精度が著しくわるくなる。

【0034】本発明の方法では、以上のような混合ガスが充填されたポンベから、バルブを介してレーザガスの供給が行なわれる。ガスの供給は圧力計2の指示値を読み取り、レーザ窒体内のレーザガス濃度が適切になるように行なわれる。

【0035】具体例として、レーザ窒体1に $F_2 / Kr / Xe$ が $0.2 / 2.0 / 97.8$ (バツファ) の混合比(以下、組成1という)のレーザガスを3atmのガス圧で充填する

50

7

ばあい、希釈率 m を $1/10$ に設定したばあいについて説明する。このとき、3成分混合ガスは

【0036】

【数7】

$$3(\text{atm}) \times \frac{1}{10} = 0.3(\text{atm})$$

2成分混合ガスは

$3(\text{atm}) - 0.3(\text{atm}) = 2.7(\text{atm})$ である。

【0037】この例では、前述の式より n は

【0038】

【数8】

$$\begin{aligned} n &= \frac{b+c}{m(a+b+c)-a} \\ &= \frac{2+97.8}{\frac{1}{10}(0.2+2+97.8)-0.2} \\ &= \frac{99.8}{9.8} \\ &= \frac{998}{98} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\frac{b}{na+b+c} \times 0.3 + \frac{b}{b+c} \times 2.7 \\ &= \frac{2}{\left(\frac{998}{98} \times 0.2\right) + 2 + 97.8} \times 0.3 + \frac{2}{2+97.8} \times 2.7 \\ &= 0.06(\text{atm}) \end{aligned}$$

で求められるように 0.06 atm になり、 Ne の分圧は式： 30※【数12】

【0043】

$$\begin{aligned} &\frac{c}{na+b+c} \times 0.3 + \frac{c}{b+c} \times 2.7 \\ &= \frac{97.8}{\left(\frac{998}{98} \times 0.2\right) + 2 + 97.8} \times 0.3 + \frac{97.8}{2+97.8} \times 2.7 \\ &= 2.934(\text{atm}) \end{aligned}$$

で求められるように 2.934 atm になる。

【0044】したがって、レーザ器1中のレーザガスの組成は、 $\text{F} : \text{Kr} / \text{Ne} = 0.006 / 0.06 / 2.934 = 0.2 / 2.0 / 97.8 = a / b / c$ となる。

【0045】このように、本発明の方法によれば3種のガスからなるレーザガスを供給するために必要なポンペは2つになる。

【0046】つぎにハロゲンガスを補給する方法を説明する。

【0047】すでに述べたように、従来のガス供給方法ではハロゲンガスが減少した際にハロゲンガス濃度が適

8

*となり、3成分混合ガスとして

【0039】

【数9】

$$\left(\frac{998}{98} \times 0.2\right) / 2.0 / 97.8$$

の混合比のガスが用いられる。

【0040】前記操作の結果、器体1中の F ：の分圧は式：

10 【0041】

【数10】

$$\begin{aligned} &\frac{na}{na+b+c} \times 0.3 \\ &= \frac{\frac{998}{98} \times 0.2}{\left(\frac{998}{98} \times 0.2\right) + 2 + 97.8} \times 0.3 \\ &= 0.006(\text{atm}) \end{aligned}$$

20 で求められるように 0.006 atm になり、 Kr の分圧は式：

【0042】

* 【数11】

$$\begin{aligned} &\frac{b}{na+b+c} \times 0.3 + \frac{b}{b+c} \times 2.7 \\ &= \frac{2}{\left(\frac{998}{98} \times 0.2\right) + 2 + 97.8} \times 0.3 + \frac{2}{2+97.8} \times 2.7 \\ &= 0.06(\text{atm}) \end{aligned}$$

で求められるように 0.06 atm になり、 Ne の分圧は式： 30※【数12】

【0043】

$$\begin{aligned} &\frac{c}{na+b+c} \times 0.3 + \frac{c}{b+c} \times 2.7 \\ &= \frac{97.8}{\left(\frac{998}{98} \times 0.2\right) + 2 + 97.8} \times 0.3 + \frac{97.8}{2+97.8} \times 2.7 \\ &= 2.934(\text{atm}) \end{aligned}$$

で求められるように 2.934 atm になる。

【0044】したがって、レーザ器1中のレーザガスの組成は、 $\text{F} : \text{Kr} / \text{Ne} = 0.006 / 0.06 / 2.934 = 0.2 / 2.0 / 97.8 = a / b / c$ となる。

【0045】このように、本発明の方法によれば3種のガスからなるレーザガスを供給するために必要なポンペは2つになる。

【0046】つぎにハロゲンガスを補給する方法を説明する。

【0047】すでに述べたように、従来のガス供給方法ではハロゲンガスが減少した際にハロゲンガス濃度が適

40 切になるようにガスの補給を行なうと、希ガスも同時に添加されてしまい、期待するガス混合比がえられないという問題点があるが、本発明のガス供給方法によればそのようなことなく、ハロゲンガスの補給ができる。

【0048】たとえば前記組成1の混合比で 3 atm ガス充填してレーザの運転し、ハロゲンガス濃度が $1/2$ になった時点でハロゲンガスの補給を行ない、補充後も運転を続行して、再度ハロゲンガスが $1/2$ になればハロゲンガスの補給を行なうばあい、このハロゲンガス補給を10回行なったときのレーザ器体内のガス混合比はつぎのようになる。なお、ガス補給によりレーザ器体内の圧力が

上昇するので、補充後3 atmまでガスを気体から放出する。

【0049】すなわち、前記組成1のレーザガスをレーザ媒質とするエキシマレーザ装置を運転し、ハロゲンガスが減少し、圧力計2が2.997 atmを示すようになった時点（ハロゲンガスが1/2になり、F₂ / Kr / Neが0.1 / 2.0 / 97.8になった時点）で、ガスボンベ7からF₂ / Kr / Neが

【0050】

【数13】

$$\left(\frac{998}{98} \times 0.2 \right) / 2.0 / 97.8$$

の混合比のガスをレーザ気体1内の圧力が3.165 atmになるように補給し、そののちガスを抜いて3 atmにする。この操作によりレーザ気体1内のレーザガスの組成は、最初の組成1になる。これはハロゲンガスの補給を何度繰返しても同じである。

【0051】これに対し、従来のようにハロゲンガスが1/2になり、F₂ / Kr / Neが0.1 / 2.0 / 97.8になった時点で、F₂ / Neが2 / 98の混合比の混合ガスをレーザ気体1内の圧力が3.165 気圧になるように補給し、そののちガスを抜いて3 気圧にすると、F₂ の分圧は0.006 気圧、Kr の分圧は0.057 気圧、Ne の分圧は2.934 気圧になり、F₂ / Kr / Neが0.2 / 1.9 / 97.8になる。この操作をたとえば10回繰返すとF₂ / Kr / Neが0.2 / 1.3 / 98.5になり、Krの割合が小さくなってしまう。

【0052】つぎに本発明の別の実施例を図2を用いて説明する。図中、9はレーザ気体1に接続され、レーザ気体1内のレーザガス中のハロゲンガス濃度を測定するハロゲンガス濃度測定装置であり、その他の部材は図1と同様である。

【0053】前記実施例においては、ガスの混合比の制御は圧力計の指示値にしたがって行なわれるが、本実施例においては、ハロゲンガス濃度をハロゲンガス測定装置9で測定することによって行なわれる。なお、圧力計は使用してもよく、使用しなくてもよい。したがって、

ハロゲンガスがボンベ内で反応して濃度が減少しても、常に正確なガス混合比で充填することができる。また、最初にレーザガスを充填する際にもハロゲンガス濃度を測定しながら充填することにより、正確なガス混合比で充填することができる。

【0054】本発明に用いられるハロゲンガス、第1の希ガス、第2の希ガスは、いずれも従来からエキシマレーザ装置に用いられているものであり、とくに限定はない。また、レーザ気体、圧力計、ハロゲンガス濃度測定

10 装置などにもとくに限定はない。

【0055】

【発明の効果】以上のように、供給するガスとして3成分混合ガスと2成分混合ガスを用いる本発明の方法によればガスボンベの数を少なくすることができ、レーザ装置に最初にガスを充填する際の混合比の制御が非常に容易となる。さらにハロゲンガスの補充に際しては、希ガスの混合比を変化させずに補充することができる。

【0056】さらにガスを充填、補充する際にハロゲンガスの濃度を測定するにあいには、高精度に制御された混合比のレーザガスがえられる。

20

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のエキシマレーザ装置のガス供給方法を示す説明図である。

【図2】本発明のエキシマレーザ装置のガス供給方法を示す説明図である。

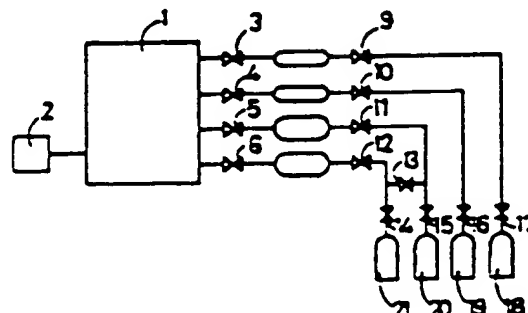
【図3】従来のエキシマレーザ装置のガス供給方法を示す説明図である。

【符号の説明】

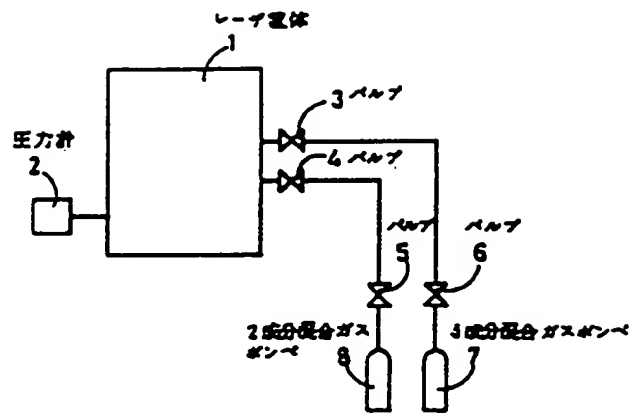
- 1 レーザ気体
- 2 圧力計
- 3 バルブ
- 4 バルブ
- 5 バルブ
- 6 バルブ
- 7 3成分混合ガスボンベ
- 8 2成分混合ガスボンベ
- 9 ハロゲンガス濃度測定装置

30

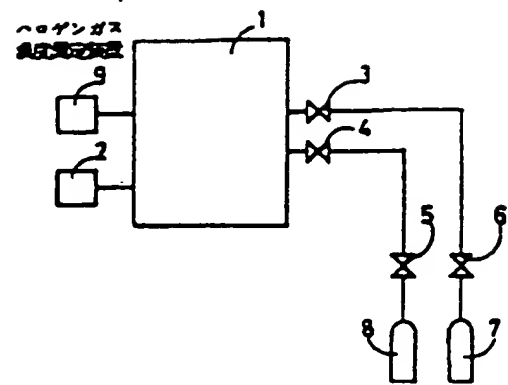
【図3】



【図1】



【図2】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.